

## Device of supplying a concentrated CO<sub>2</sub> gas in a carbonate spring bath system

**Publication number:** US5288311

**Publication date:** 1994-02-22

**Inventor:** FURUTANI HARUMASA (JP);  
KISHISHITA KAZUYUKI (JP);  
FUKUI HIDEAKI (JP)

**Applicant:** MATSUSHITA ELECTRIC WORKS  
LTD (JP)

**Classification:**

- international: **A61H33/02; A61H33/14;**  
**A61H33/02; A61H33/14; (IPC1-7):**  
B01D53/04

- European: A61H33/02

**Application number:** US19920950151 19920924

**Priority number(s):** JP19920012443 19920127;  
JP19910243846 19910924;  
JP19910246303 19910925

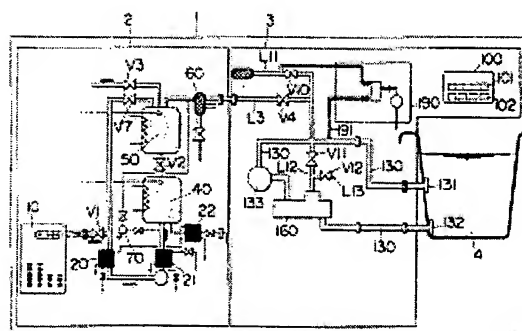
**Also published as:**

DE4232000 (A1)

**Report a data error her**

### Abstract of US5288311

A carbonate spring bath system includes a supplying device of a CO<sub>2</sub> gas, a dissolving device of the CO<sub>2</sub> gas into a bath water, and a bathtub. The supplying device of the CO<sub>2</sub> gas comprises a combustor for obtaining a combustion gas including the CO<sub>2</sub> gas, a CO<sub>2</sub> adsorption tower connected to the combustor through a gas feed line and connected to the dissolving device through a supply line, a cooler for cooling the combustion gas prior to being fed to the CO<sub>2</sub> adsorption tower and a heater for heating an adsorbent filled in the CO<sub>2</sub> adsorption tower for desorbing the



**BEST AVAILABLE COPY**

CO<sub>2</sub> gas therefrom. The adsorbent capable of adsorbing the CO<sub>2</sub> gas from the combustion gas at a relatively low adsorption temperature and of desorbing the CO<sub>2</sub> gas therefrom at a relatively high desorption temperature. As the CO<sub>2</sub> gas in the combustion gas is adsorbed in the CO<sub>2</sub> adsorption tower in accordance with a thermal swing adsorption method, the CO<sub>2</sub> adsorption tower heated at the desorption temperature for desorbing the CO<sub>2</sub> gas therefrom must be cooled prior to adsorbing the CO<sub>2</sub> gas therein again. The supplying device is controlled so as to form a closed loop which is defined by a portion of the gas feed line and a cooling line extending from the CO<sub>2</sub> adsorption tower and terminating in the gas feed line upstream of the CO<sub>2</sub> adsorption tower. The adsorbent is cooled by a residual gas circulating in the closed loop. The residual gas is cooled by the cooler.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①0 **DE 42 32 000 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**A 61 H 33/02**

②1 Aktenzeichen: P 42 32 000.3  
②2 Anmeldetag: 24. 9. 92  
④3 Offenlegungstag: 1. 4. 93

DE 42 32 000 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
24.09.91 JP 3-243846 25.09.91 JP 3-246303  
27.01.92 JP 4-012443

⑦1 Anmelder:  
Matsushita Electric Works, Ltd., Kadoma, Osaka, JP

⑦4 Vertreter:  
Boehmert, A., Dipl.-Ing.; Hoormann, W., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing., 2800 Bremen; Goddar, H., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat.; Liesegang, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., 8000  
München; Winkler, A., Dr.rer.nat., 2800 Bremen;  
Tönhardt, M., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte,  
8000 München; Stahlberg, W.; Kuntze, W.; Kouker,  
L., Dr.; Huth, M., 2800 Bremen; Nordemann, W., Prof.  
Dr.; Vinck, K., Dr.; Hertin, P., Prof. Dr.; vom Brocke,  
K., 1000 Berlin; Schellenberger, M., Dr.,  
Rechtsanwälte, O-7010 Leipzig

⑦2 Erfinder:  
Furutani, Harumasa; Kishishita, Kazuyuki, Hirakata,  
Osaka, JP; Fukui, Hideaki, Shijonawate, Osaka, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung zur Zuführung eines konzentrierten CO<sub>2</sub> Gases in ein System zur Einmischung von CO<sub>2</sub> in  
Badewasser

⑤7 Ein System zur Einmischung von Kohlendioxid in Bade-  
wasser schließt eine Zufuhreinrichtung für das CO<sub>2</sub>-Gas,  
eine Einmischeinrichtung für das CO<sub>2</sub>-Gas in das Badewas-  
ser und eine Badewanne ein. Die Zufuhreinrichtung für das  
CO<sub>2</sub>-Gas umfaßt eine Verbrennungseinrichtung zur Erzeu-  
gung eines Verbrennungsgases, das das CO<sub>2</sub>-Gas ein-  
schließt, einen CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm, der mit der Ver-  
brennungseinrichtung durch eine Gaszufuhrleitung und mit  
der Einmischeinrichtung durch eine Einspeiseleitung verbun-  
den ist, einen Kühler zum Abkühlen des Verbrennungsgases,  
bevor dieses zum CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm zugeführt wird,  
und eine Heizeinrichtung zur Erhitzung eines in den  
CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm eingefüllten Adsorptionsmittels  
zur Desorption des CO<sub>2</sub>-Gases daraus. Das Adsorptionsmit-  
tel ist in der Lage, das CO<sub>2</sub>-Gas aus dem Verbrennungsgas  
bei einer relativ niedrigen Adsorptionstemperatur zu absor-  
bieren und es daraus bei einer relativ hohen Desorptions-  
temperatur zu desorbieren. Wenn das CO<sub>2</sub>-Gas im CO<sub>2</sub>-Gas-  
adsorptionsturm gemäß einer Adsorptionsmethode auf der  
Grundlage thermischer Variation adsorbiert wird, muß der  
auf die Desorptionstemperatur erhitzte CO<sub>2</sub>-Gasadsorp-  
tionsturm vor erneuter Adsorption von CO<sub>2</sub>-Gas abgekühlt  
werden. Die Zufuhreinrichtung wird so gesteuert, daß eine  
geschlossene Schleife gebildet wird, die von einem Teil der  
Gaszufuhrleitung und einer Kühlleitung definiert ist, die sich  
vom CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm aus erstreckt und stromauf-  
wärts des ...

DE 42 32 000 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Zuführung eines konzentrierten CO<sub>2</sub>-Gases in ein System zur Einmischung von CO<sub>2</sub> in Badewasser, das in der Lage ist, einen CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm zur Zufuhr des konzentrierten CO<sub>2</sub>-Gases mit verbesserter Kühlgeschwindigkeit abzukühlen.

Wenn ein CO<sub>2</sub>-Gas enthaltendes Badewasser in einem Bad verwendet wird, wird bekanntermaßen die Blutzirkulation bei einem Menschen, der ein solches Bad nimmt, verbessert, so daß dessen Müdigkeit behoben wird. Die japanische Patentveröffentlichung (KOKAI) Nr. 3-1 31 259 beschreibt ein System zur Einmischung von Kohlendioxid in Badewasser. Ein solches System schließt eine Verbrennungseinrichtung zur Zuführung eines Verbrennungsgases, das CO<sub>2</sub>-Gas enthält, einen CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm und eine Vakuumpumpe zum Desorbieren eines konzentrierten CO<sub>2</sub>-Gases aus dem Adsorptionsturm und Weiterleitung desselben zu einer Badewanne ein. Im Verbrennungsgas enthaltener Dampf wird von einem Entfeuchter entfernt, bevor das Verbrennungsgas in den CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm geleitet wird. Da jedoch die Desorptionsmenge des CO<sub>2</sub>-Gases durch die Vakuumpumpe gesteuert wird, ist es schwierig, das konzentrierte CO<sub>2</sub>-Gas stabil zur Badewanne zuzuführen. Andererseits beschreibt die japanische Patentveröffentlichung (KOKAI) Nr. 3-1 31 259 auch ein anderes System zur Einmischung von Kohlendioxid in Badewasser. Dieses andere System schließt die Verbrennungseinrichtung, ein Paar Dampfadsorptionstürme zur Adsorption des Dampfes aus dem Verbrennungsgas und einen Trennfilm zur Trennung des CO<sub>2</sub>-Gases vom Verbrennungsgas ein. Die Dampfadsorptionstürme sind zwischen der Verbrennungseinrichtung und dem Trennfilm angeordnet. Wenn die Dampfadsorptionstürme alternativ verwendet werden, um den Dampf zu adsorbieren, wird das System effektiv betrieben. Da jedoch das CO<sub>2</sub>-Gas nicht im Trennfilm gespeichert wird, ist es schwierig, die Konzentration des CO<sub>2</sub>-Gases zu erhöhen. Da außerdem eine Vielzahl von Luftpumpen und der Adsorptionsturm im System verwendet werden, wird das entsprechende System teuer und von seiner Struktur her komplex.

Die obigen Probleme und Unzulänglichkeiten sind bei der vorliegenden Erfindung durch eine Vorrichtung zur Zuführung eines konzentrierten CO<sub>2</sub>-Gases in ein System zur Einmischung von CO<sub>2</sub>-Gas in Badewasser das in der Lage ist, einen CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm zur Zuführung des konzentrierten CO<sub>2</sub>-Gases mit verbesserter Kühlgeschwindigkeit abzukühlen, so daß das System innerhalb eines kurzen Intervalls stabil und wiederholt arbeiten kann, verbessert worden. Das System zur Einmischung von Kohlendioxid in Badewasser besteht im wesentlichen aus einer Zufuhreinrichtung für das konzentrierte CO<sub>2</sub>-Gas, einer Einrichtung zur Einmischung des CO<sub>2</sub>-Gases in das Badewasser und einer Badewanne.

Die Zufuhreinrichtung für das konzentrierte CO<sub>2</sub>-Gas umfaßt eine Verbrennungseinrichtung zur Erzeugung eines Verbrennungsgases, das CO<sub>2</sub>-Gas enthält, aus einem Kohlenwasserstoffbrennstoff, einen Kühler für das Verbrennungsgas, einen CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm, der durch eine Gaszufuhrleitung zur Aufnahme des Verbrennungsgases mit der Verbrennungseinrichtung und durch eine Einspeiseleitung auch mit der Einmischeinrichtung verbunden ist. Der CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm ist mit einem Adsorptionsmittel gefüllt, das in

der Lage ist, das CO<sub>2</sub>-Gas aus dem Verbrennungsgas bei einer relativ niedrigen Adsorptionstemperatur zu adsorbieren. Das Adsorptionsmittel ist auch in der Lage, das CO<sub>2</sub>-Gas aus dem CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm bei einer relativ hohen Desorptionstemperatur zu desorbieren, um das CO<sub>2</sub>-Gas durch die Einspeiseleitung zur Einmischeinrichtung weiterzuleiten.

Der Kühler ist in der Gaszufuhrleitung zwischen der Verbrennungseinrichtung und dem CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm angeordnet. Wenn das Verbrennungsgas in dem Kühler abgekühlt wird, bevor es in den CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm eintritt, wird das CO<sub>2</sub>-Gas im Verbrennungsgas effizient an das Adsorptionsmittel im CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm adsorbiert. Die Zufuhreinrichtung umfaßt auch eine Gasabgabelung, die sich vom CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm aus in Verbindung mit der Gaszufuhrleitung erstreckt. Nachdem das CO<sub>2</sub>-Gas im Verbrennungsgas im Adsorptionsmittel adsorbiert worden ist, wird das Verbrennungsgas durch die Gasabgabelung nach außen abgegeben.

Eine Heizeinrichtung ist im CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm angeordnet.

Wenn das Adsorptionsmittel durch die Heizeinrichtung über die Desorptionstemperatur hinaus erhitzt wird, wird das konzentrierte CO<sub>2</sub>-Gas aus dem CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm desorbiert. Da das CO<sub>2</sub>-Gas im Adsorptionsmittel bei einer niedrigen Adsorptionstemperatur adsorbiert ist, muß der CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm abgekühlt werden, um das CO<sub>2</sub>-Gas wieder zu adsorbieren, nachdem das konzentrierte CO<sub>2</sub>-Gas bei der hohen Desorptionstemperatur aus dem CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm desorbiert wurde. Es wurde in Betracht gezogen, den Adsorptionsturm für CO<sub>2</sub>-Gas effizient durch Zufuhr von Außenluft zu kühlen. Dies ist jedoch nicht erwünscht, weil eine große Menge Außenluft, einschließlich CO<sub>2</sub>-Gas, im Adsorptionsmittel adsorbiert wird, so daß die Adsorptionswirksamkeit des Adsorptionsmittels für das CO<sub>2</sub>-Gas gesenkt wird.

Die Zufuhreinrichtung der vorliegenden Erfindung weist daher auch eine Kühlleitung auf, die sich vom CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm aus erstreckt und in der Gaszufuhrleitung stromaufwärts des CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturmes endet, um mit der Gaszufuhrleitung zusammenzuwirken und eine geschlossene Schleife zu bilden, um ein Restgas durch den CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm zu zirkulieren, so daß das Adsorptionsmittel im CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm durch das Restgas ohne Adsorption einer größeren Menge Außenluft mit einer verbesserten Kühlgeschwindigkeit abgekühlt wird. Das Restgas wird vom Kühler abgekühlt.

Demgemäß ist es eine primäre Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur Zuführung eines konzentrierten CO<sub>2</sub>-Gases in ein System zur Einmischung von CO<sub>2</sub>-Gas in Badewasser zur Verfügung zu stellen, das in der Lage ist, einen Adsorptionsturm für CO<sub>2</sub>-Gas mit einer verbesserten Kühlgeschwindigkeit abzukühlen.

Es ist auch bevorzugt, daß ein Dampfadsorptionsturm in die Zufuhreinrichtung der vorliegenden Erfindung mit eingeschlossen wird. Der Dampfadsorptionsturm wird mit einem Dampfadsorptionsmittel gefüllt, das in der Lage ist, im Verbrennungsgas mitgerissenen Dampf bei einer relativ niedrigen Dampfadsorptionstemperatur zu adsorbieren. Das Dampfadsorptionsmittel ist auch in der Lage, den Dampf bei einer relativ hohen Dampfadsorption zu desorbieren. Der Dampfadsorptionsturm ist in der Gaszufuhrleitung stromaufwärts des CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturmes angeordnet, um den Dampf

vor der Adsorption im CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm zu adsorbieren. Da der Dampfadsorptionsturm auch in der geschlossenen Schleife angeordnet ist, können sowohl der Adsorptionsturm für den Dampf als auch derjenige für das CO<sub>2</sub>-Gas gleichzeitig vom in der geschlossenen Schleife zirkulierenden Restgas abgekühlt werden.

Die Desorption des konzentrierten CO<sub>2</sub>-Gases aus dem CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm wird beschleunigt, indem während des Zeitraumes der Desorption des CO<sub>2</sub>-Gases Außenluft in den Adsorptionsturm für CO<sub>2</sub>-Gas eingebracht wird. Da der CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm bei der hohen Desorptionstemperatur gehalten wird, kann die Außenluft kaum im Adsorptionsmittel im CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm adsorbiert werden. Die Außenluft wird durch eine Luftpumpe in dem CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm eingebracht. Andererseits kann die Desorptionsmenge des Dampfes erhöht werden, indem die Außenluft während des Zeitraumes der Desorption des Dampfes in den Dampfadsorptionsturm eingebracht wird. Wenn daher der Dampf aus dem Dampfadsorptionsturm bei der hohen Dampfdesorptionstemperatur desorbiert wird, wird die Luftpumpe auch verwendet, um die Außenluft zum Dampfadsorptionsturm zuzuführen.

Es ist daher eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur Zuführung eines konzentrierten CO<sub>2</sub>-Gases in ein System zur Einmischung von CO<sub>2</sub> in Badewasser zur Verfügung zu stellen, das in der Lage ist, einen Bestandteil der Vorrichtung, wie etwa die Luftpumpe, effizient zu verwenden, so daß die Einrichtung insgesamt eine einfache Struktur aufweist und zu einem niedrigen Preis geliefert werden kann.

Zum vollständigeren Verständnis der vorliegenden Erfindung und seiner Konstruktion und Vorteile wird Bezug genommen auf die folgende Beschreibung und die Zeichnungen. Dabei zeigt:

Fig. 1 ein schematisches Diagramm eines Systems zur Einmischung von CO<sub>2</sub> in Badewasser, das in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

Fig. 2 ein schematisches Diagramm, das einen CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsprozeß in einem CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zeigt;

Fig. 3 ein schematisches Diagramm, das einen CO<sub>2</sub>-Gasdesorptionsprozeß aus dem CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeigt;

Fig. 4 eine Beziehung zwischen der Gesamtdesorptionsmenge des CO<sub>2</sub>-Gases aus einem Zeolithen, der bei einer Ausführungsform der Erfindung eingesetzt wird, und der Temperatur des Zeolithen;

Fig. 5 ein schematisches Diagramm, das dem Dampfdesorptionsprozeß aus einem Dampfadsorptionsturm der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeigt;

Fig. 6 ein schematisches Diagramm, das einen Kühlprozeß für das CO<sub>2</sub>-Gas- und die Dampfadsorptionstürme der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 7 ein schematisches Diagramm, das einen Desorptionsprozeß für ein toxisches Gas aus einer Einrichtung zur Entfernung von toxischem Gas bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeigt;

Fig. 8 eine perspektivische Ansicht, mit teilweise entfernter Außenwand, einer inneren Struktur des CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturmes mit dem daraus entfernten Zeolithen;

Fig. 9A, 9B 9C eine Draufsicht, eine Seitenansicht und eine Vorderansicht eines Heizelementes, das im CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm angebracht ist;

Fig. 10 eine Teildraufsicht, die die Befestigungsstruktur des Heizelementes an dem Zylinder des

CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturmes veranschaulicht; und

Fig. 11 eine Draufsicht, die ein modifiziertes Heizelement zeigt, das im CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm verwendet werden kann.

Ein System 1 zur Einmischung von Kohlendioxid in Badewasser besteht im wesentlichen aus einer Zufuhreinrichtung 2 für das CO<sub>2</sub>-Gas gemäß der vorliegenden Erfindung, einer Einmischeinrichtung 3 für das CO<sub>2</sub>-Gas in Badewasser und einer Badewanne 4, wie in Fig. 1 dargestellt. Die Zufuhreinrichtung 2 der vorliegenden Erfindung umfaßt eine Verbrennungseinrichtung 10 zur Erzeugung eines Verbrennungsgases, das CO<sub>2</sub>-Gas einschließt, aus einem Kohlenwasserstoffbrennstoff, einen CO<sub>2</sub> Adsorptionsturm 50 zum Adsorbieren des CO<sub>2</sub>-Gas aus dem Verbrennungsgas und zum Desorbieren des CO<sub>2</sub>-Gases daraus, einen Dampfadsorptionsturm 40 zum Adsorbieren des im Verbrennungsgas enthaltenen Dampfes, bevor dieses dem CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50 zugeleitet wird, Wärmetauscher 20 und 21 zur Abkühlung des Verbrennungsgases, bevor dieses dem Dampfadsorptionsturm 40 zugeleitet wird, und eine Einrichtung 60 zur Entfernung von toxischem Gas, um geringe Mengen an toxischem Gas, die im CO<sub>2</sub>-Gas enthalten sind, das aus dem CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50 desorbiert worden ist, zu entfernen. Die Zufuhreinrichtung der vorliegenden Erfindung wird normalerweise in der folgenden Reihenfolge betrieben:

- 1) Ein CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsprozeß zum CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50.
- 2) Ein CO<sub>2</sub>-Gasdesorptionsprozeß aus dem CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50.
- 3) Ein Dampfdesorptionsprozeß aus dem Dampfadsorptionsturm 40.
- 4) Ein Kühlprozeß für den CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50.
- 5) Ein Desorptionsprozeß für das toxische Gas aus der Einrichtung 60 zur Entfernung von toxischem Gas (\*1).

\*1: Der Desorptionsprozeß für toxisches Gas wird zu einem optimalen Zeitpunkt durchgeführt, falls erforderlich.

- 1) Der CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsprozeß zum CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm

Ein schematisches Diagramm der Zufuhreinrichtung 2 der vorliegenden Erfindung für den Fall, daß der CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsprozeß durchgeführt wird, ist in Fig. 2 dargestellt. Ein natürliches Gas, wie ein Kohlenwasserstoffbrennstoff, wird in der Verbrennungseinrichtung 10 verbrannt. Das Verbrennungsgas, das von der Verbrennungseinrichtung abgegeben wird, enthält CO<sub>2</sub>-Gas zu etwa 5%, Dampf, Stickstoff, Sauerstoff und eine geringe Menge an toxischem Gas, wie etwa NO<sub>x</sub> und CO. Eine Gaszufuhrleitung L1 erstreckt sich von der Verbrennungseinrichtung 10 zum CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm 50 durch den Dampfadsorptionsturm 40 hindurch, wie in Fig. 2 dargestellt. Ein Ventil V1, das in der Gaszufuhrleitung L1 zwischen der Verbrennungseinrichtung 10 und dem Wärmetauscher 20 vorgesehen ist, wird geöffnet, um das Verbrennungsgas aus der Verbrennungseinrichtung 10 zum CO<sub>2</sub>-Gas-Adsorptionsturm 50 durch den Dampfadsorptionsturm 40 hindurchzuleiten. Da das Verbrennungsgas mit einer hohen Temperatur, die etwa 150°C beträgt, aus der Verbrennungseinrichtung abgegeben wird, wird das Verbrennungsgas

im Wärmetauscher 20, der in der Gaszufuhrleitung L1 angeordnet ist, abgekühlt, bevor es in den Dampfadsorptionsturm 40 einströmt. Anschließend wird das Verbrennungsgas einem Gebläse 30 zugeführt, das in der Gaszufuhrleitung L1 zwischen den Wärmetauschern 20 und 21 angeordnet ist. Das Verbrennungsgas wird vom Gebläse 30 zum Wärmetauscher 21 zugeführt, der in der Gaszufuhrleitung L1 zwischen dem Gebläse 30 und dem Dampfadsorptionsturm 40 angeordnet ist. Wenn das Verbrennungsgas im Gebläse 30 unter Druck gesetzt wird, so daß das Verbrennungsgas auf etwa 80°C erwärmt wird, wird das Verbrennungsgas im Wärmetauscher 21 wieder auf etwa 50°C abgekühlt. Jeder Wärmetauscher arbeitet mit Wasserkühlung.

An der Innenseite eines Gasrohres der Gaszufuhrleitung L1, die in die Wärmetauscher 20 und 21 hineinführt, hängen Wassertropfen, die sich bei einer Kondensation des Dampfes im Verbrennungsgas gebildet haben. Diese werden durch Wasserabläufe L9 bzw. L10 nach außen abgegeben. Eine vom Gebläse 30 verursachte Vibration wird durch das Gasrohr der Gaszufuhrleitung L1 auf den Wärmetauscher 21 übertragen, so daß die Kühlwirkung des Wärmetauschers 21 erhöht wird.

Da der im Verbrennungsgas enthaltene Dampf im Dampfadsorptionsturm 40 mit einer Temperaturschwankungs-Adsorptionsmethode adsorbiert wird, wird das Verbrennungsgas durch einen Wärmetauscher 21 auf eine niedrigere Temperatur abgekühlt, bevor es zum Dampfgasadsorptionsturm 40 geleitet wird. Der Dampf im Verbrennungsgas wird in einem aktivierten Aluminiumoxid eines Adsorptionsmittels adsorbiert, das in den Dampfadsorptionsturm eingefüllt worden ist. Das Gewicht des aktivierten Aluminiumoxids beträgt etwa 10 kg. Wenn andererseits, ein Zeolith als ein CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsmittel, das in den CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm 50 eingefüllt ist, eine höhere Adsorption des Dampfes, verglichen mit dem CO<sub>2</sub>-Gas, aufweist, muß der Dampf im Verbrennungsgas zum größten Teil und bevorzugt vollständig im Dampfadsorptionsturm 40 entfernt werden, bevor es zum CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm 50 geleitet wird.

Wenn dies nicht der Fall ist, wird die höhere Adsorptionseffizienz für CO<sub>2</sub>-Gas im Zeolithen nicht erwünscht sein. Daher wird ein Feuchtigkeitssensor (nicht gezeigt) in der Gaszufuhrleitung L1 zwischen den beiden Adsorptionstürmen 40 und 50 angeordnet, um eine Dampfmenge zu messen, die im Verbrennungsgas mitgerissen wird. Wenn die gemessene Feuchtigkeit einen kritischen Wert überschreitet, wird das Verbrennungsgas so gesteuert, daß es nicht zum Dampfadsorptionsturm 50 zugeführt wird.

Ein Thermosensor 41 ist im Dampfadsorptionsturm 40 angeordnet, um die Temperatur des aktivierten Aluminiumoxids zu überwachen. Die Durchflußmenge des Verbrennungsgases wird gesteuert auf der Grundlage einer bekannten Relation zwischen der modifizierten Temperatur und dem Druck und der Dampfadsorptionsfähigkeit des aktivierten Aluminiumoxids.

Wenn das Verbrennungsgas ohne den Dampf zum CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50 geleitet wird, wird ein Ventil V2, das in der Gaszufuhrleitung L1 zwischen dem Adsorptionsturm 40 und 50 angeordnet ist, geöffnet. Das Verbrennungsgas wird für etwa 12 Minuten zum CO<sub>2</sub>-Gas-Adsorptionsturm 50 zugeleitet. Folglich sind das CO<sub>2</sub>-Gas, konzentriert auf etwa 90 Vol.-%, und der Rest, wie etwa Stickstoff und Sauerstoff, etc., bis zu etwa 10 Vol.-% im Zeolithen adsorbiert. Der CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm ist in der Lage, nahezu 100 Vol.-% des

CO<sub>2</sub>-Gases unter optimalen Bedingungen zu adsorbieren. Das Gewicht des im CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm 50 verwendeten Zeolithen beträgt etwa 8 kg. Wenn das Verbrennungsgas nach außen abgegeben wird, nachdem das CO<sub>2</sub>-Gas im CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm 50 adsorbiert worden ist, wird ein Ventil V3, das in einer Gasabgabeleitung L2 angeordnet ist, die sich zwischen der Außenseite und dem CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm 50 erstreckt, geöffnet.

## 2) Der CO<sub>2</sub>-Gasdesorptionsprozeß aus dem CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm

Ein schematisches Diagramm der Zufuhreinrichtung 2 der vorliegenden Erfindung im Fall der Durchführung des CO<sub>2</sub>-Gasdesorptionsprozesses ist in Fig. 3 veranschaulicht.

Der Zeolith wird auf eine CO<sub>2</sub>-Desorptionstemperatur zwischen 150°C und 300°C durch eine Heizeinrichtung 52, die im CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50 angeordnet ist, erhitzt, um das CO<sub>2</sub>-Gas aus dem CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm zu desorbieren. Die Heizeinrichtung 52 besitzt eine Vielzahl von kreisförmigen Heizelementen, die konzentrisch im CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50 angeordnet sind. Weitere Details zur Heizeinrichtung 52 werden später beschrieben.

Der Zeolith im CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50 wird auf eine Temperatur unterhalb der CO<sub>2</sub>-Desorptionstemperatur für einen optimalen Zeitraum erhitzt, bevor das CO<sub>2</sub>-Gas daraus desorbiert wird, so daß das CO<sub>2</sub>-Gas effizient aus dem Zeolithen desorbiert werden kann, sobald die Desorption des CO<sub>2</sub>-Gases begonnen wird. Daneben wird durch eine Luftpumpe 70 Außenluft durch den Dampfadsorptionsturm 40 hindurch zum CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50 geleitet, um die Desorption des CO<sub>2</sub>-Gases zu beschleunigen.

Die Temperatur des Zeolithen wird durch einen Thermosensor 51 bestimmt, der in einer optimalen Position im CO<sub>2</sub> Adsorptionsturm angeordnet ist. Eine Beziehung zwischen der Gesamtdesorptionsmenge des CO<sub>2</sub>-Gases aus dem Zeolithen und der Temperatur des Zeolithen ist in Fig. 4 dargestellt. Wenn die Temperatur des Zeolithen höher ist, steigt die Desorptionsmenge des CO<sub>2</sub>-Gases an. Daher kann die Desorptionsmenge des CO<sub>2</sub>-Gases durch Steuerung der Temperatur des Zeolithen reguliert werden. Darüber hinaus könnte die Desorptionsmenge des CO<sub>2</sub>-Gases durch einen stromabwärts des CO<sub>2</sub>-Gasturms 50 angeordneten Durchflußmesser (nicht gezeigt) kontrolliert werden. Die Desorption des CO<sub>2</sub>-Gases wird für etwa 1 Stunde durchgeführt. Wenn das CO<sub>2</sub>-Gas, das aus dem CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50 desorbiert wird, zur Einmischeinrichtung 30 durch die Einrichtung 60 zur Entfernung von toxischem Gas hindurchgeleitet wird, wird ein Ventil V4, das in einer Gaseinspeisung L3 angeordnet ist, die sich zwischen der Einmischeinrichtung 3 und dem CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50 erstreckt, wie in Fig. 3 gezeigt, geöffnet. Es versteht sich von selbst, daß das Ventil V3 geschlossen ist.

Ein Begrenzer (nicht gezeigt) ist in der Zufuhrleitung L3 angeordnet, um eine stabile Durchflußmenge des CO<sub>2</sub>-Gases zur Einmischeinrichtung 3 zuzuführen. Da eine geringe Menge an toxischem Gas, wie etwa NO<sub>x</sub> und CO im CO<sub>2</sub>-Gas enthalten ist, das aus dem CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50 desorbiert wird, wird das toxische Gas in der Einrichtung 60 adsorbiert und aus dem CO<sub>2</sub> Gas entfernt. Ein Gamma-Aluminiumoxid, das ein Platinoxid trägt, wird in die Einrichtung 60 gefüllt, um das toxische

Gas zu entfernen.  $\text{NO}_x$  wird in der Einrichtung 60 adsorbiert, andererseits wird  $\text{CO}$  in der Einrichtung 60 in  $\text{CO}_2$ -Gas überführt. Die Einrichtung 60 wird auf eine Temperatur von zwischen  $230^\circ\text{C}$  und  $330^\circ\text{C}$  durch eine Heizeinrichtung 61 erhitzt, die in der Einrichtung angeordnet ist, um das toxische Gas zu entfernen. Das  $\text{CO}_2$ -Gas und das Badewasser werden unter Druck in der Einmischeinrichtung 3 miteinander vermischt und dann zur Badewanne 4 geleitet. Weitere Details zur Einmischeinrichtung 30 werden später beschrieben.

### 3) Der Dampfdesorptionsprozeß aus dem Dampfdesorptionsturm 40

Ein schematisches Diagramm der Zufuhreinrichtung 2 für das  $\text{CO}_2$ -Gas der vorliegenden Erfindung für den Fall der Durchführung des Dampfdesorptionsprozesses ist in Fig. 5 veranschaulicht.

Der im Dampfadsorptionsturm 40 adsorbierte Dampf muß daraus desorbiert und entfernt werden, bevor der  $\text{CO}_2$ -Gasadsorptionsprozeß erneut durchgeführt wird. Das aktivierte Aluminiumoxid wird auf eine Dampfdesorptionstemperatur zwischen  $150^\circ\text{C}$  und  $250^\circ\text{C}$  durch eine Heizeinrichtung 42 erhitzt, die im Dampfadsorptionsturm 40 angeordnet ist, um den Dampf daraus zu desorbieren. Außenluft wird ebenfalls zum Dampfadsorptionsturm 40 zugeführt, um die Desorption des Dampfes zu beschleunigen. Ein Ventil V5, das in einer Luftzufuhrleitung L4 angeordnet ist, die sich zwischen der Luftpumpe 70 und dem Dampfadsorptionsturm 40 erstreckt, wird geöffnet, um Außenluft zum Dampfadsorptionsturm 40 zuzuführen. Zur Abgabe der Außenluft einschließlich des Dampfes aus dem Dampfadsorptionsturm 40 nach außen wird ein Ventil V6, das in einer Dampfabgabeleitung L5 angeordnet ist, die sich zwischen dem Dampfadsorptionsturm 40 und der Außenseite erstreckt, wie in Fig. 5 dargestellt, geöffnet. Die Außenluft einschließlich des Dampfes wird durch einen Wärmetauscher 22 abgekühlt, der ebenfalls in der Abgabeleitung L5 angeordnet ist. Die Dampfdesorptionstemperatur aus dem Dampfadsorptionsturm 40 und die Durchflußmenge der Außenluft in den Adsorptionsturm 40 hinein kann auf der Grundlage der von einem Feuchtesensor überwachten Feuchte gesteuert werden. Der Dampfdesorptionsprozeß wird üblicherweise für etwa 1,5 Stunden durchgeführt. In diesem Prozeß ist Ventil V2 geschlossen, um die Außenluft einschließlich des Dampfes nicht zum  $\text{CO}_2$ -Adsorptionsturm 50 zuzuführen. Da der Dampfdesorptionsprozeß und der  $\text{CO}_2$ -Gasdesorptionsprozeß ziemlich große elektrische Energie benötigen, jeweils etwa 1 kW, ist es erwünscht, daß der Dampfdesorptionsprozeß sequentiell durchgeführt wird, nachdem der  $\text{CO}_2$ -Gasdesorptionsprozeß abgeschlossen ist, um Überlastungszustände des Stromnetzes zu vermeiden.

### 4) Der Abkühlprozeß des $\text{CO}_2$ -Gasadsorptionsturms 50

Ein schematisches Diagramm der Zufuhreinrichtung 2 der vorliegenden Erfindung im Fall der Durchführung des Abkühlprozesses ist in Fig. 6 veranschaulicht.

Nachdem das  $\text{CO}_2$ -Gasdesorptionsprozeß und der Dampfdesorptionsprozeß abgeschlossen sind, wird der Abkühlprozeß des  $\text{CO}_2$ -Gasadsorptionsturms 50 durchgeführt. Da der Zeolith während des  $\text{CO}_2$ -Gasdesorptionsprozesses auf die  $\text{CO}_2$ -Desorptionstemperatur zwischen  $150^\circ\text{C}$  und  $300^\circ\text{C}$  erhitzt worden ist, ist es schwierig, das  $\text{CO}_2$ -Gas im Zeolithen zu adsorbieren,

unmittelbar nachdem der  $\text{CO}_2$ -Desorptionsprozeß abgeschlossen ist. Daher muß der Zeolith auf eine  $\text{CO}_2$ -Adsorptionstemperatur von weniger als etwa  $50^\circ\text{C}$  abgekühlt werden, damit das  $\text{CO}_2$  leicht darin adsorbiert werden kann.

Wie in Fig. 6 dargestellt, wird der  $\text{CO}_2$ -Adsorptionsturm 50 abgekühlt, indem ein Restgas in einer geschlossenen Schleife zirkuliert wird, die definiert ist durch einen Teil der Gaszufuhrleitung L1 und eine Kühlleitung L6, die sich vom  $\text{CO}_2$  Adsorptionsturm 50 aus erstreckt und in der Gaszufuhrleitung L1 stromaufwärts des  $\text{CO}_2$ -Adsorptionsturms und auch des Wärmetauschers 20 endet. D.h., die geschlossene Schleife schließt die Wärmetauscher 20 und 21 ein, die für die Abkühlung des Restgases, das durch den  $\text{CO}_2$ -Adsorptionsturm zirkuliert, verantwortlich sind.

Ein Ventil V7, das in der Kühlleitung L6 angeordnet ist, wird geöffnet, um die geschlossene Schleife zu bilden. Da das Ventil V1 die Verbindung zwischen der geschlossenen Schleife und der Verbrennungseinrichtung 10 herstellt, ist das Ventil V1 geschlossen, um die geschlossene Schleife von der Verbrennungseinrichtung 10 zu trennen. Außerdem wird das Ventil V2 geöffnet und alle Ventile in der Zufuhreinrichtung 2 mit Ausnahme der Ventile V2 und V7 werden geschlossen, um die geschlossene Schleife zu bilden. Das aktivierte Aluminiumoxid des Dampfadsorptionsturms 40 wird gleichzeitig auf eine Dampfadsorptionstemperatur von weniger als  $50^\circ\text{C}$  durch das Restgas abgekühlt, damit es den Dampf effizient adsorbieren kann, nach dem der Dampfdesorptionsprozeß abgeschlossen ist. Wenn der Abkühlprozeß der vorliegenden Erfindung durchgeführt wird, erfordert es nur wenige Stunden, um den  $\text{CO}_2$ -Adsorptionsturm 50 auf die  $\text{CO}_2$ -Adsorptionstemperatur von weniger als etwa  $50^\circ\text{C}$  abzukühlen. Wenn der oben erzwungene Abkühlprozeß nicht durchgeführt werden sollte und statt dessen der  $\text{CO}_2$ -Gasadsorptionsturm 50 einem natürlichen Abkühlen überlassen würde, würde es über 24 Stunden dauern, um den  $\text{CO}_2$ -Gasadsorptionsturm 50 auf etwa  $50^\circ\text{C}$  herunterzukühlen, die ausreichend sind, um ihn für die anschließende Adsorption von  $\text{CO}_2$ -Gas vorzubereiten. Obgleich Außenluft durch den  $\text{CO}_2$ -Gasadsorptionsturm 50 eingeführt werden kann, um dessen Abkühlung dadurch zu erzwingen, daß eine große Menge an Außenluft durchströmen gelassen wird, sollte ein solches Einbringen von Außenluft in einer großen Menge wegen der Tatsache vermieden werden, daß der inhärent in der Außenluft enthaltene Dampf bald den Dampfadsorptionsturm 60 sättigen würde und anschließend im  $\text{CO}_2$ -Gas-Adsorptionsturm 50 adsorbiert würde und damit die  $\text{CO}_2$ -Adsorptionsfähigkeit desselben erniedrigen würde. Dies trifft besonders dann zu, wenn die Abkühlung des  $\text{CO}_2$ -Gasadsorptionsturms 50 bald nach Erhitzen des Dampfadsorptionsturms 60 zur Regeneration desselben durchgeführt wird, d. h. der Dampfadsorptionsturm 60 noch bei einer so hohen Temperatur gehalten wird, daß eine wesentliche Adsorption des Dampfes nicht zu erwarten ist. Daher sollte der  $\text{CO}_2$ -Gasadsorptionsturm 50 ohne Außenluft abgekühlt werden.

### 5) Der Desorptionsprozeß für toxisches Gas aus der Einrichtung 60 zur Entfernung von toxischem Gas

Wie oben beschrieben, wird der Desorptionsprozeß für das toxische Gas, wie etwa  $\text{NO}_x$  und  $\text{CO}$ , aus der Einrichtung 60, falls erforderlich, zum optimalen Zeitpunkt durchgeführt. Ein schematisches Diagramm der



Zufuhreinrichtung 2 der vorliegenden Erfindung im Fall der Durchführung des Desorptionsprozesses für toxisches Gas ist in Fig. 7 veranschaulicht.

Das Gamma-Aluminium, das das Platinoxid trägt, wird auf eine Temperatur zwischen 500°C und 600°C durch eine Heizeinrichtung 61 erhitzt, um das toxische Gas aus der Einrichtung 60 zu entfernen. Die Temperatur des Gamma-Aluminiumoxids, das das Platinoxid trägt, wird durch einen Thermosensor 61 gemessen, der in einer optimalen Position in der Einrichtung 60 angeordnet ist. Außenluft wird durch die Luftpumpe 70 ebenfalls zur Einrichtung 60 geleitet, um die Desorption des toxischen Gases aus der Einrichtung 60 zu beschleunigen. In diesen Fall wird ein Ventil V8, das in einer Luftzufuhrleitung L7 angeordnet ist, die sich zwischen der Einrichtung 60 und der Luftpumpe 70 erstreckt, geöffnet, um die Außenluft dort hinzuzuführen. Außerdem wird einem Ventil V9, das in einer Luftabgabeleitung L8 angeordnet ist, die sich zwischen der Einrichtung 60 und der Außenseite erstreckt, geöffnet, um die Außenluft, die das toxische Gas enthält, an die Außenseite abzugeben. Da die geringe Menge an toxischem Gas in der aus der Einrichtung 60 abgegebenen Außenluft enthalten ist, gibt es kein Problem im Hinblick auf Umweltverschmutzung. Nebenbei gesagt wird die der Einrichtung 60 zugeführte Luft, da die Ventile V2, V3 und V7 während des Desorptionsprozesses für das toxische Gas geschlossen sind, nicht durch die Zufuhrleitung L3 zum CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm 50 geleitet. Der Dampfdesorptionsprozeß und der Desorptionsprozeß für das toxische Gas benötigen ziemlich große elektrische Energie, wie etwa jeweils 1 kW. Es ist daher bevorzugt, daß der Desorptionsprozeß für das toxische Gas sequentiell durchgeführt wird, nachdem der Dampfdesorptionsprozeß abgeschlossen ist, um Überlastungszustände des Stromnetzes zu vermeiden.

Wie in den obigen Prozessen beschrieben, wird eine Komponente, wie etwa die Luftpumpe 70 oder das Gebläse 30, der Zufuhreinrichtung 2 für das CO<sub>2</sub>-Gas effizient genutzt, um ein einfaches Arbeiten des Systems zu erreichen und dasselbe zu einem günstigen Preis zu liefern. So wird bspw. die Luftpumpe 70 dazu verwendet, die Außenluft zum CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm 50 im CO<sub>2</sub>-Gasdesorptionsprozeß zu leiten, die Außenluft zum Dampfadsorptionsturm 40 im Dampfdesorptionsprozeß zu leiten und auch die Außenluft im Desorptionsprozeß für das toxische Gas zur Einrichtung 60 zur Entfernung des toxischen Gases zu leiten. In der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden alle Ventile, Heizeinrichtungen, die Luftpumpe, der Thermosensor und der Feuchtesensor, etc. so von einer Hauptsteuereinheit (nicht gezeigt) gesteuert, daß sich in jedem Prozeß der individuelle optimale Betrieb ergibt.

Mehr Details über die Heizeinrichtung 52, die im CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm verwendet wird, sind unten beschrieben. Fig. 8 veranschaulicht das Innere des CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturmes 50, in dem die Heizeinrichtung 52 angebracht ist. Der CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50 umfaßt einen Zylinder 53 mit einem kreisförmigen Querschnitt, senkrecht zur Durchflußrichtung des vom Adsorptionsmittel zu desorbierenden CO<sub>2</sub>-Gases. Das Adsorptionsmittel, das den Zylinder füllt, stellt eine Schicht mit einem Durchmesser Da dar, der dem Innendurchmesser des Zylinders entspricht. Die Heizeinrichtung 52 umfaßt eine Vielzahl von separaten Heizelementen 54, die vertikal mit Abstand voneinander vertikal im Zylinder 53 des CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturmes 50 angeordnet sind.

Wie in den Fig. 9A bis 9C dargestellt, besteht jedes

der Heizelemente 54 aus einem einzelnen Heizdraht, der mehrfach gewickelt ist und im wesentlichen drei konzentrische Ringe ausweist, nämlich einen inneren Ring 54-1, einen mittleren Ring 54-2 und einen äußeren Ring 54-3 mit den effektiven Durchmessern D1, D2 bzw. D3. Die entgegengesetzten Enden der Heizdrähte werden parallel zueinander in enger Nachbarschaft gehalten und definieren Endabschnitte 55, die durch einen Flansch 56 geschoben werden, um dort gehalten zu werden.

Wie in Fig. 10 dargestellt, sind derartig konstruierte Heizelemente 54 am Zylinder 53 mit dem Flansch 56 befestigt, der an der Innenwand des Zylinders 53 derart anliegt, daß die Endabschnitte 55 durch entsprechende Löcher in der Wand des Zylinders hervorstehen, um mit der Quelle für die elektrische Energie (nicht gezeigt) verbunden werden zu können. Ein Bolzen 57 erstreckt sich vom Flansch 56 durch ein Loch im Zylinder 53, um den Flansch 56 am Zylinder 53 mit einer Mutter 58 zu sichern, die mit dem Bolzen 57 in Eingriff steht. Ein Ring 59 ist an der Außenfläche des Zylinders 53 befestigt, um die Endabschnitte 55 zu umschließen, und mit einem wärmebeständigen Kleber gefüllt, um die Endabschnitte 55 und den Bolzen 57 hermetisch abzudichten. Ein solcher Kleber kann einen Silikonkleber, ein Kleber auf der Basis von organischem Epoxy- oder Phenolharz oder ähnliche hitzebeständige Materialien, einschließlich keramischen Materialien aus Aluminiumoxid, Magnesiumoxid oder Zirkoniumoxid, einschließen. Obgleich nicht dargestellt, kann der Kleber auch auf der Innenfläche des Zylinders 53 aufgebracht werden.

Der äußere Ring 54-3 ist so bemessen, daß er einen Durchmesser D3 aufweist, der in Relation zum Durchmesser Da der adsorbierenden Schicht im Zylinder festgelegt und durch die folgende Formel ausgedrückt wird:

$$D \geq \sqrt{\frac{3}{4}} D_a$$

Diese Beziehung hat sich als am effektivsten herausgestellt, um vorzugsweise den äußeren Bereich der adsorbierenden Schicht zu erhitzen, in dem eine relativ große latente Wärme für die Desorption des CO<sub>2</sub>-Gases daraus erwartet wird, so daß dadurch die Desorption des CO<sub>2</sub>-Gases erhöht wird. In diesem Zusammenhang sind die anderen Ringe 54-1 und 54-2 vorzugsweise so bemessen, daß sie einen Durchmesser Di aufweisen, der durch die folgende Formel ausgedrückt wird:

$$D_i \geq \left( \sqrt{\frac{2(i-1)}{2N}} \right) D_a$$

in der i eine ganze Zahl von 1 bis N zur Identifizierung des Ringes in radialer Reihenfolge ist, wobei man vom innersten Ring radial nach außen zählt, und N die Gesamtzahl der Ringe ist, in diesem Falle 3.

Wenn man zu Fig. 8 zurückkehrt, kann der Zylinder 53 ein Wärmeleitelement 80 einschließen, das den äußeren Ring 54-3 im Wärmeübergangskontakt damit umgibt. Das Element erstreckt sich im wesentlichen über die gesamte Höhe oder Länge des Zylinders 53, um den Wärmeübergang von den Heizelementen zum Adsorptionsmaterial in Durchflußrichtung des Gases, d. h. in vertikaler Richtung des Zylinders, im äußeren Bereich des Adsorptionsmittels zu beschleunigen. Außerdem können ähnliche wärmeleitende Elemente 81 und 82



zwischen den benachbarten Ringen 54-1, 54-2 und 54-3 angeordnet sein. Solche wärmeleitenden Elemente sind hergestellt aus rostfreiem Stahl, Kupfer, Nickel, Aluminium, Messing oder sogar keramischen Materialien, wie etwa Aluminiumoxid und Magnesiumoxid. Man sollte hier anmerken, daß nicht jedes der Heizelemente 54 notwendigerweise aus einem einzelnen gewickelten Draht hergestellt sein muß, wie er oben zu sehen ist, sondern auch aus einer Kombination von ringförmigen Heizdrähten 54A-1, 54A-2 und 54A-3 hergestellt sein kann, wie in Fig. 11 dargestellt. In diesem Falle sind die drei ringförmigen Heizdrähte gemeinsam mit den Endabschnitten 55A verbunden, die von einem ähnlichen Flansch 56A gehalten werden.

Die Einrichtung 3 für das Einmischen des CO<sub>2</sub>-Gases in Badewasser im erfindungsgemäßen System i ist unten beschrieben. Wie in Fig. 1 dargestellt, umfaßt die CO<sub>2</sub>-Einmischeinrichtung 3 einen Kreislauf 130, der mit der Badewanne 4 an einem Einlaß 131 und einem Auslaß 132 zur Zirkulation des Badewassers aus der und in die Badewanne durch den Einlaß 131 und den Auslaß 132 verbunden ist. Eine Booster-Pumpe 133 ist im Kreislauf 130 vorgesehen, um das Badewasser zur Zirkulation vorwärts zu treiben und um CO<sub>2</sub>-Gas und Luft unter Druck in das Badewasser, das im Kreislauf 130 zirkuliert, einzumischen. Die Gaseinspeiseleitung L3 mit dem Ventil V4 erstreckt sich vom CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50 und endet im Kreislauf 130 stromaufwärts der Booster-Pumpe 133, um das konzentrierte CO<sub>2</sub>-Gas, d. h. ein Mischgas aus CO<sub>2</sub> und Luft, zum Badewasser im Kreislauf 130 zuzuführen. Zusätzlich verbunden mit dem Kreislauf 130 stromaufwärts der Booster-Pumpe 133 ist eine Luftzufuhrleitung L11 zur Zuführung von Luft zum Badewasser vorgesehen, wenn das System so betrieben wird, daß nur Luft eingemischt werden soll, um ein Mikroluftblasenbad zu bewirken. Die Luftzufuhrleitung L11 ist mit einem Ventil V10 versehen, das geschlossen gehalten wird, wenn CO<sub>2</sub> in das Badewasser eingemischt wird. Die Luftzufuhrleitung L11 kann geöffnet werden, wenn nicht erwartet wird, daß eine wesentliche Menge Luft aus dem CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50 zugeführt wird, d. h. ein sehr reiches CO<sub>2</sub>-Gas von dort geliefert wird.

Man sollte in diesem Zusammenhang anmerken, daß das CO<sub>2</sub>-Badsystem eine bestimmte Menge an Luft benötigt, vorzugsweise wenigstens 5 Vol.-% Luft, zusammen mit dem CO<sub>2</sub>-Gas, um das CO<sub>2</sub>-Gas in der Badewanne 4 über einen längeren Zeitraum gelöst zu halten, zur Verstärkung der Badwirkung. Obgleich ein exakter Mechanismus nicht bekannt ist, ist empirisch nachgewiesen worden, daß, wenn eine begrenzte Menge Luft zusammen mit einer großen Menge des CO<sub>2</sub>-Gases in das Badewasser unter Druck eingemischt wird, das gelöste CO<sub>2</sub>-Gas nicht dazu neigt, bei Eintreten in die Badewanne durch den Auslaß 132 unter Druckabfall große Blasen zu bilden. Mit anderen Worten, wenn keine wesentliche Menge Luft im unter Druck stehenden Badewasser gelöst ist, werden große Blasen vom CO<sub>2</sub>-Gas auftreten, wenn das Badewasser unter Druckabfall in die Badewanne 4 strömt. Wenn dies eintritt, steigt das CO<sub>2</sub>-Gas schnell in Form der großen Blasen auf und bleibt im Badewasser in der Badewanne 4 nicht im gelösten Zustand. Bei der Lösung einer begrenzten Menge Luft im Badewasser zusammen mit dem CO<sub>2</sub>-Gas treten andererseits in der Badewanne 4 nur Mikroblasen auf, die über einen längeren Zeitraum im Badewasser verbleiben, so daß man annimmt, daß dies ein schnelles Absinken des Gehaltes an gelöstem CO<sub>2</sub>-Gas hemmt.

Zwei Vermutungen können für dieses Phänomen verantwortlich sein. Eine besteht darin, daß die Mikroblasen im wesentlichen aus Luft gebildet werden, und die andere, daß, selbst wenn die Mikroblasen im wesentlichen CO<sub>2</sub>-Gas enthalten, die Mikroblasen über einen längeren Zeitraum im Badewasser verbleiben und daher erhöhte Chancen bieten, daß das CO<sub>2</sub>-Gas sich erneut im Badewasser löst. In jedem Fall ist entdeckt worden, daß wenigstens 5% Luft im konzentrierten CO<sub>2</sub>-Gas, das zum Kreislauf zugeführt wird, notwendig sind, für den Zweck, den CO<sub>2</sub>-Gehalt im Badewasser der Badewanne 4 auf einem gewünschten Niveau über einen längeren Zeitraum zu halten. Bei der vorliegenden Erfindung wird daran gedacht, das CO<sub>2</sub>-Gas im Badewasser der Badewanne 4 mit bis zu 250 ppm oder mehr zu lösen, um die Badwirkung zu verstärken. Solche Gehalte an gelöstem CO<sub>2</sub> können aus dem obigen Grund über einen längeren Zeitraum gehalten werden.

Da der CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50 in der Lage ist, Mischgas aus CO<sub>2</sub> und Luft mit einer CO<sub>2</sub>-Konzentration von 50 bis 95% mit einer genügenden Menge an Luft zu liefern, ist keine zusätzliche Zufuhr von Außenluft erforderlich, und die Luftzufuhrleitung L11 bleibt daher geschlossen. Es soll jedoch angemerkt werden, daß die oben beschriebene Vorrichtung in der Lage ist, nahezu 100% CO<sub>2</sub>-Gas zu liefern. In diesem Falle kann die Luftzufuhrleitung L11 geöffnet werden, um eine geeignete Menge Luft zusätzlich zum CO<sub>2</sub>-Gas zum Badewasser zuzuführen. Stromabwärts der Booster-Pumpe 133 ist im Kreislauf 130 ein Druckspeicher 160 zur vorübergehenden Speicherung des unter Druck stehenden Badewassers angeordnet, um nicht-gelöstes Gas abzutrennen, das im Badewasser bei der Druckbeaufschlagung durch die Booster-Pumpe 133 enthalten ist. Solches nichtgelöste Gas ist inhärent in einer großen Menge vorhanden, da eine Überschußmenge an Mischgas zum Kreislauf 133 in einem Versuch zugeführt wird, eine größere Menge Gas in das Badewasser durch Druckbeaufschlagung mit der Booster-Pumpe 133 einzumischen. Der Druckspeicher 160 speichert das nichtgelöste Gas, das vom Badewasser abgetrennt wird, um das nichtgelöste Gas selektiv in den Kreislauf 130 stromaufwärts der Pumpe 133 zurückzuführen und das Gas aus dem Kreislauf 133 abzulassen. Zu diesem Zweck ist der Druckspeicher 160 mit dem Kreislauf 130 über eine Rückführleitung L11 mit einem Rückführventil V11 und mit der Außenluft über eine Abableitung L13 mit einem Abaßventil V12 verbunden. Die Rückführleitung L12 und die Abableitung L13 sind mit dem oberen Ende des Druckspeichers 160 verbunden, um das nichtgelöste Gas aus dem Druckspeicher 160 selektiv durch die Leitungen L11, L12 und L13 abströmen zu lassen. Die Rückführleitung L12 und die Abableitung L13 werden selektiv geöffnet und geschlossen, so daß das System in der Lage ist, selektiv in einem Rückführmodus zu arbeiten, in dem das nichtgelöste Gas zum zirkulierenden Badewasser zurückgeführt wird, und in einem Abaßmodus, in dem das nicht-gelöste Gas nach außen auf den Kreislauf heraus abgegeben wird. Eine solche Wahl wird getroffen auf der Grundlage der CO<sub>2</sub>-Konzentration des Mischgases, das aus dem CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturm 50 zugeführt wird, um das System effektiv zu betreiben.

Ebenfalls eingeschlossen im System ist eine CO<sub>2</sub>-Kontrolleinheit 190 zur Messung des Gehaltes an gelöstem CO<sub>2</sub>-Gas im Badewasser, das aus der Badewanne 4 entnommen wird. Zu diesem Zweck ist die CO<sub>2</sub>-Kontrolleinheit 190 durch einen Wasserzufuhrka-

nal 191 mit dem Kreislauf 130 zwischen dem Einlaß 131 und der Booster-Pumpe 133 verbunden, um das Badewasser aus der Badewanne 4 zu erhalten. Ein Steuerpult 100 ist neben der Badewanne 4 vorgesehen und erhält ein Ausgangssignal von der CO<sub>2</sub>-Kontrolleinheit 190 zur Anzeige des gemessenen CO<sub>2</sub>-Gehaltes auf einem Display 101, so daß ein Benutzer leicht über den gemessenen CO<sub>2</sub>-Gehalt informiert werden kann. Das Steuerpult 100 schließt einen Schalt- und Wahlbereich 102 zum Ein- und Ausschalten des Systems sowie zum Auswählen zwischen einem Bad unter Einmischung von CO<sub>2</sub>-Gas in das Badewasser unter gleichzeitiger Bildung von Luftmikroblasen in der Badewanne 4 und einem Mikroluftblasenbad, bei dem nur Mikroluftblasen ohne die Lösung von CO<sub>2</sub>-Gas, gebildet werden, ein.

Das Steuerpult 100 ist mit einer Steuereinheit (nicht gezeigt) verbunden, die die Booster-Pumpe 133, die Ventile V4 und V10 und die Ventile V11 und V12 auf der Grundlage des Ausgangssignals von einem Niveausensor des Druckspeichers 160 sowie aufgrund des Ausgangssignals vom Steuerpult 100 und von der CO<sub>2</sub>-Kontrolleinheit 190 steuert, um das CO<sub>2</sub>-Gas effektiv in das Badewasser einzumischen und einen gewünschten Gehalt an gelöstem CO<sub>2</sub>-Gas, z. B. 250 ppm, in der Badewanne 4 zu erzielen.

Die in der vorstehenden Beschreibung sowie in den Ansprüchen und den beiliegenden Zeichnungen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

#### Bezugszeichenliste

- 1 System zur Einmischung von Kohlendioxid in Badewasser
- 2 Zufuhreinrichtung
- 3 Einmischeinrichtung
- 4 Badewanne
- 10 Verbrennungseinrichtung
- 20 Wärmetauscher
- 21 Wärmetauscher
- 22 Wärmetauscher
- 30 Gebläse
- 40 Dampfsorptionsturm
- 41 Thermosensor
- 42 Heizeinrichtung
- 50 CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm
- 51 Thermosensor
- 52 Heizeinrichtung
- 53 Zylinder
- 54 Heizelement
- 54-1 innerer Ring
- 54-2 mittlerer Ring
- 54-3 äußerer Ring
- 54A-1 ringförmiger Heizdraht
- 54A-2 ringförmiger Heizdraht
- 54A-3 ringförmiger Heizdraht
- 55 Endabschnitt
- 55A Endabschnitt
- 56 Flansch
- 56A Flansch
- 57 Bolzen
- 58 Mutter
- 59 Ring
- 60 Einrichtung zur Entfernung von toxischem Gas
- 61 Thermosensor
- 62 Heizeinrichtung

- 70 Luftpumpe
- 80 wärmeleitendes Bauteil
- 81 wärmeleitendes Bauteil
- 82 wärmeleitendes Bauteil
- 100 Steuerpult
- 101 Display
- 102 Wahlabschnitt
- 130 Kreislauf
- 131 Einlaß
- 132 Auslaß
- 133 Booster-Pumpe
- 160 Druckspeicher
- 190 CO<sub>2</sub>-Kontrolleinheit
- 191 Wasserzufuhrkanal
- L1 Gaszufuhrleitung
- L2 Gasablaßleitung
- L3 Gaseinspeiseleitung
- L4 Luftzufuhrleitung
- L5 Luftablaßleitung
- L6 Kühlleitung
- L7 Luftzufuhrleitung
- L8 Luftablaßleitung
- L9 Wasserablaßleitung
- L10 Wasserablaßleitung
- L11 Lufteinspeiseleitung
- L12 Rückführleitung
- L13 Abflaßleitung
- V1 Ventil
- V2 Ventil
- V3 Ventil
- V4 Ventil
- V5 Ventil
- V6 Ventil
- V7 Ventil
- V8 Ventil
- V9 Ventil
- V10 Ventil
- V11 Rückführventil
- V12 Abflaßventil
- D1 Durchmesser
- D2 Durchmesser
- D3 Durchmesser

#### Patentansprüche

- 1. Vorrichtung zur Zuführung eines konzentrierten CO<sub>2</sub>-Gases in ein System zur Einmischung von CO<sub>2</sub> in Badewasser, um ein Badewasser mit darin gelöstem CO<sub>2</sub>-Gas herzustellen und dasselbe zu einer Badewanne zuzuführen, mit:
- eine CO<sub>2</sub>-Gasquelle (2), die ein konzentriertes CO<sub>2</sub>-Gas zu einer Einmischeinrichtung (3) zuführt, in der das CO<sub>2</sub>-Gas, das aus der CO<sub>2</sub>-Gasquelle (2) zugeführt wird, unter Druck in die Badewanne (4) zuzuführenden Badewasser gelöst wird;
- wobei die CO<sub>2</sub>-Gasquelle gekennzeichnet ist durch: eine Verbrennungseinrichtung (10) zur Erzeugung eines Verbrennungsgases, das ein CO<sub>2</sub>-Gas enthält, aus einem Kohlenwasserstoffbrennstoff;
- einen CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50), der mit der Verbrennungseinrichtung (10) durch eine Gaszufuhrleitung (L1) zur Aufnahme des Verbrennungsgases und mit der Einmischeinrichtung (3) durch eine Gaseinspeiseleitung (L3) verbunden ist, wobei der CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm mit einem Adsorptionsmittel gefüllt ist, das in der Lage ist, das CO<sub>2</sub>-Gas aus dem Verbrennungsgas bei einer relativ niedrigen Adsorptionstemperatur zu adsorbieren.

ren und das CO<sub>2</sub>-Gas daraus bei einer relativ hohen Desorptionstemperatur zu desorbieren, um das CO<sub>2</sub>-Gas durch die Gaseinspeiseführung (L3) zur Einmischeinrichtung (3) zuzuführen;

Kühleinrichtungen (20, 21), die zwischen der Verbrennungseinrichtung (10) und dem CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) in der Gaszufuhrleitung (L1) angeordnet sind, um das Verbrennungsgas abzukühlen, bevor es zum CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) zugeführt wird;

eine Heizeinrichtung (52), die im CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) angeordnet ist, um das Adsorptionsmittel zur Desorption des CO<sub>2</sub>-Gases daraus zu erhitzen;

eine Gasabgabeleitung (L2), die sich vom CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) aus erstreckt, in Verbindung mit der Gaszufuhrleitung (L1), um das Verbrennungsgas aus dem CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) nach Adsorption des CO<sub>2</sub>-Gases aus dem Verbrennungsgas an das Adsorptionsmittel abzulassen; und eine Kühlleitung (L6), die sich vom CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) aus erstreckt und in der Gaszufuhrleitung (L1) stromaufwärts des CO<sub>2</sub>-Adsorptionsturms (50) endet, um so mit der Gaszufuhrleitung (L1) zusammenzuwirken, daß eine geschlossene Schleife gebildet wird, um ein Restgas durch den CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) zu zirkulieren, um dadurch das Adsorptionsmittel abzukühlen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlleitung (L6) mit der Gaszufuhrleitung (L1) an einem Punkt zwischen der Verbrennungseinrichtung (10) und den Kühleinrichtungen (20, 21) zur Abkühlung des Restgases verbunden ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, weiter gekennzeichnet durch eine Luftzufuhrleitung (L4), die zur Gaszufuhrleitung (L1) stromaufwärts des CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturms (50) führt und mit einer Luftpumpe (70) versehen ist, um Außenluft durch den CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) in die Zufuhrleitung einzubringen, wobei besagte Luftzufuhrleitung (L4) mit einem Ventil (V5) versehen ist, das während des Zeitraumes der Desorption des CO<sub>2</sub>-Gases bei der hohen Desorptionstemperatur aus dem Adsorptionsmittel geöffnet ist, wodurch Außenluft um das Adsorptionsmittel strömt, um die Desorption des CO<sub>2</sub>-Gases zu beschleunigen.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiter gekennzeichnet durch einen Sensor zum Messen der Durchflußmenge besagten CO<sub>2</sub>-Gases aus dem CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) und zur Bereitstellung eines Ausgangssignals, das die gemessene Durchflußmenge des CO<sub>2</sub>-Gases anzeigt, und Steuermittel, die in Reaktion auf dieses Ausgangssignal die Heizeinrichtung (52) im Feedback steuern, um die Durchflußmenge des CO<sub>2</sub>-Gases, das aus dem CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) desorbiert wird, zu regulieren.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor ein Thermosensor (51) ist, der im CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) angeordnet ist, um die Durchflußmenge auf der Grundlage einer bekannten Beziehung zwischen der Temperatur und der Desorptionsfähigkeit zu bestimmen.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor ein stromabwärts des CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturms (50) angeordneter Durchflußmesser ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Steuermittel vorgesehen sind, um das Adsorptionsmittel vor der Desorption des CO<sub>2</sub>-Gases auf eine Temperatur unterhalb der Desorptionstemperatur zu erhitzen.

8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizeinrichtung (52) eine Mehrzahl von ringförmigen Heizelementen (54-1, 54-2, 54-3; 54A-1, 54A-2, 54A-3) umfaßt, die konzentrisch innerhalb des CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturms (50) angeordnet sind.

9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, weiter gekennzeichnet durch einen DampfadSORPTIONsturm (40), der mit einem DampfadSORPTIONSMITTEL gefüllt ist, das in der Lage ist, im Verbrennungsgas mitgerissenen Dampf bei einer relativ niedrigen DampfadSORPTIONstemperatur zu adsorbieren und den Dampf bei einer relativ hohen DampfadSORPTIONstemperatur zu desorbieren, wobei der DampfadSORPTIONsturm (40) in der Gaszufuhrleitung (L1) stromaufwärts des CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturms (50) angeordnet ist, um den Dampf vor der Adsorption des CO<sub>2</sub>-Gases im CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) zu adsorbieren, und in der Kühlleitung (L6) der geschlossenen Schleife angeordnet ist, so daß der DampfadSORPTIONsturm (40) und der CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) gleichzeitig vom in der Kühlleitung (L6) zirkulierenden Restgas abgekühlt werden können.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch einen Feuchtesensor, der in der Gaszufuhrleitung (L1) zwischen den CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) und dem DampfadSORPTIONsturm (40) angeordnet ist, um die Feuchte des Verbrennungsgases, das im Anschluß an den DampfadSORPTIONsturm (40) in den CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) eingeleitet wird, zu messen, und Kontrollmittel, die das Stoppen der Zuführung des Verbrennungsgases steuern, wenn die gemessene Feuchte ein kritisches Niveau übersteigt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, weiter gekennzeichnet durch eine Luftzufuhrleitung (L4), die zur Gaszufuhrleitung (L1) stromaufwärts des DampfadSORPTIONsturms (40) führt, um Außenluft in die Gaszufuhrleitung (L1), einzuführen, eine Luftabgabeleitung (L5) die sich vom DampfadSORPTIONsturm (40) aus erstreckt und in der Außenluft endet, und ein erstes Ventil (V2) in der Gaszufuhrleitung (L1) zwischen dem DampfadSORPTIONsturm (40) und dem CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50), wobei die Luftzufuhrleitung (L4) mit einer Luftpumpe (70) und einem zweiten Ventil (V5) versehen ist und die Luftpumpe (70) und das erste (V2) und das zweite Ventil (V5) derart gesteuert werden, daß, wenn der Dampf bei der hohen Desorptionstemperatur desorbiert wird, die Luftpumpe (70) aktiviert wird, wobei das erste (V2) und das zweite Ventil (V5) geschlossen bzw. geöffnet werden, um Außenluft aus der Luftzufuhrleitung (L4) durch den DampfadSORPTIONsturm (40) und nach außen aus der Abfuhrleitung (L5) strömen zu lassen, wodurch die Außenluft um das DampfadSORPTIONSMITTEL strömt, um die Desorption des Dampfes daraus zu beschleunigen.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftabfuhrleitung (L5) mit einem dritten Ventil (V6) versehen ist, das geöffnet wird, um das Ablassen der Außenluft durch den DampfadSORPTIONsturm (40) zu ermöglichen, und

geschlossen wird, um es zu ermöglichen, daß die Außenluft durch den CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) strömt, wobei das erste Ventil (V2) geöffnet wird, um die Desorption des CO<sub>2</sub>-Gases aus dem CO<sub>2</sub>-Gasdesorptionsturm (50) zum Zeitpunkt der Zuführung des CO<sub>2</sub>-Gases, das aus dem CO<sub>2</sub>-Gasdesorptionsturm (50) desorbiert wird, in die Einspeiseleitung (L3) zu beschleunigen.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch einen Feuchtesensor, der in der Gaszufuhrleitung (L1) zwischen dem CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) und dem Dampfadsorptionsturm (40) angeordnet ist, um die Feuchte des Verbrennungsgases, das im Anschluß an den Dampfadsorptionsturm (40) zum CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) geleitet wird, zu überwachen, Speichermittel, um die gemessene Feuchte zu speichern und Steuermittel, die in Übereinstimmung mit der gemessenen Feuchte arbeiten, um die Dampfdesorptionstemperatur und die Menge an Außenluft zu steuern, die durch die Luftzufuhrleitung (L4) eingebracht werden muß.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, gekennzeichnet durch einen Thermosensor (41) zur Überwachung der Temperatur des Dampfadsorptionsturmes (40) und Kontrollmittel, die in Reaktion auf die gemessene Temperatur die Durchflußmenge des Verbrennungsgases in den Dampfadsorptionsturm (40) auf der Grundlage einer bekannten Beziehung zwischen der Temperatur und der Dampfadsorptionsfähigkeit regulieren.

15. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein Gebläse (30), das in dem mit der Gaszufuhrleitung (L1) gemeinsamen Teil der Kühlleitung (L6) angeordnet ist, um das Verbrennungsgas und das Restgas durch den CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) zum Zeitpunkt der Adsorption des CO<sub>2</sub>-Gases bzw. der Abkühlung des CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturmes (50) strömen zu lassen, wobei das Gebläse eine Vibrationsbewegung bewirkt, die durch ein starres Bauteil auf die Kühleinrichtungen (21) übertragen wird, um dort die Kühlwirkung zu erhöhen.

16. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die besagte Gaseinspeiseleitung (L3) mit einem Begrenzer versehen ist, um den CO<sub>2</sub>-Gasstrom zu der Einmischeinrichtung (3) zu regulieren.

17. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Gaseinspeiseleitung (L3) mit einer Einrichtung (60) zur Entfernung von toxischem Gas, wie etwa NO<sub>x</sub> und CO, versehen ist, das im CO<sub>2</sub>-Gas enthalten sein kann, das zur Einmischeinrichtung (3) zugeführt wird.

18. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) einen Zylinder (53) umfaßt, der einen kreisförmigen Querschnitt senkrecht zur Strömungsrichtung des durch den CO<sub>2</sub>-Gasadsorptionsturm (50) strömenden Gases aufweist und das Adsorptionsmittel und die Heizeinrichtung (52) umschließt, wobei das Adsorptionsmittel in den Zylinder (53) eingefüllt ist, so daß es darin eine kreisförmige Schicht bildet, und besagte Heizeinrichtung (52) Mehrfach-Windungen von Heizringen eines Drahtelementes umfaßt, die konzentrisch angeordnet sind, wobei jeder der Rin-

ge (54-1, 54-2, 54-3; 54A-1, 54A-2, 54A-3) im Querschnitt des Zylinders (53) so angeordnet ist, daß ein äußerer Ring (54-3; 54A-3) und ein innerer Ring (54-1; 54A-1) definiert werden, wobei der äußere Ring (54-3; 54A-3) so bemessen ist, daß er einen Durchmesser D aufweist, der relativ zum Durchmesser Da der Adsorptionsschicht aufgrund der folgenden Beziehung bestimmt wird

$$D \geq \sqrt{\frac{3}{4}} Da$$

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der Ringe (54-1, 54-2, 54-3; 54A-1, 54A-2, 54A-3) einen Durchmesser Di besitzt, der relativ zum Durchmesser Da der Adsorptionsschicht durch die folgende Beziehung bestimmt wird

$$Di \geq \left( \sqrt{\frac{(2i-1)}{2N}} \right) Da$$

in der i eine ganze Zahl von 1 bis N zur Identifizierung der Ringe in radialer Reihenfolge ist, wobei vom innersten Ring (54-1; 54A-1) radial nach außen gezählt wird und N die Gesamtzahl der Ringe ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Ringe (54-1, 54-2, 54-3) aus einem einzelnen gewickelten Heizdraht gebildet sind.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Zylinder (53) ein wärmeleitendes Bauteil (80) einschließt, das den äußersten Ring (54-1; 54A-1) im Wärmeübergangskontakt damit umschließt.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Heizdraht ein paar Endabschnitte (55, 55; 55A, 55A) aufweist, die sich durch einen Flansch (56; 56A) hindurch erstrecken und von diesem gehalten werden, wobei der Flansch (56; 56A) auf der Innenfläche des Zylinders (53) befestigt ist, die Endabschnitte (55, 55; 55A, 55A) sich durch entsprechende Löcher im Zylinder (53) hindurch erstrecken und besagte Löcher mit einem Kleber zum Abdichten der Löcher gefüllt sind.

---

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

Fig. 1

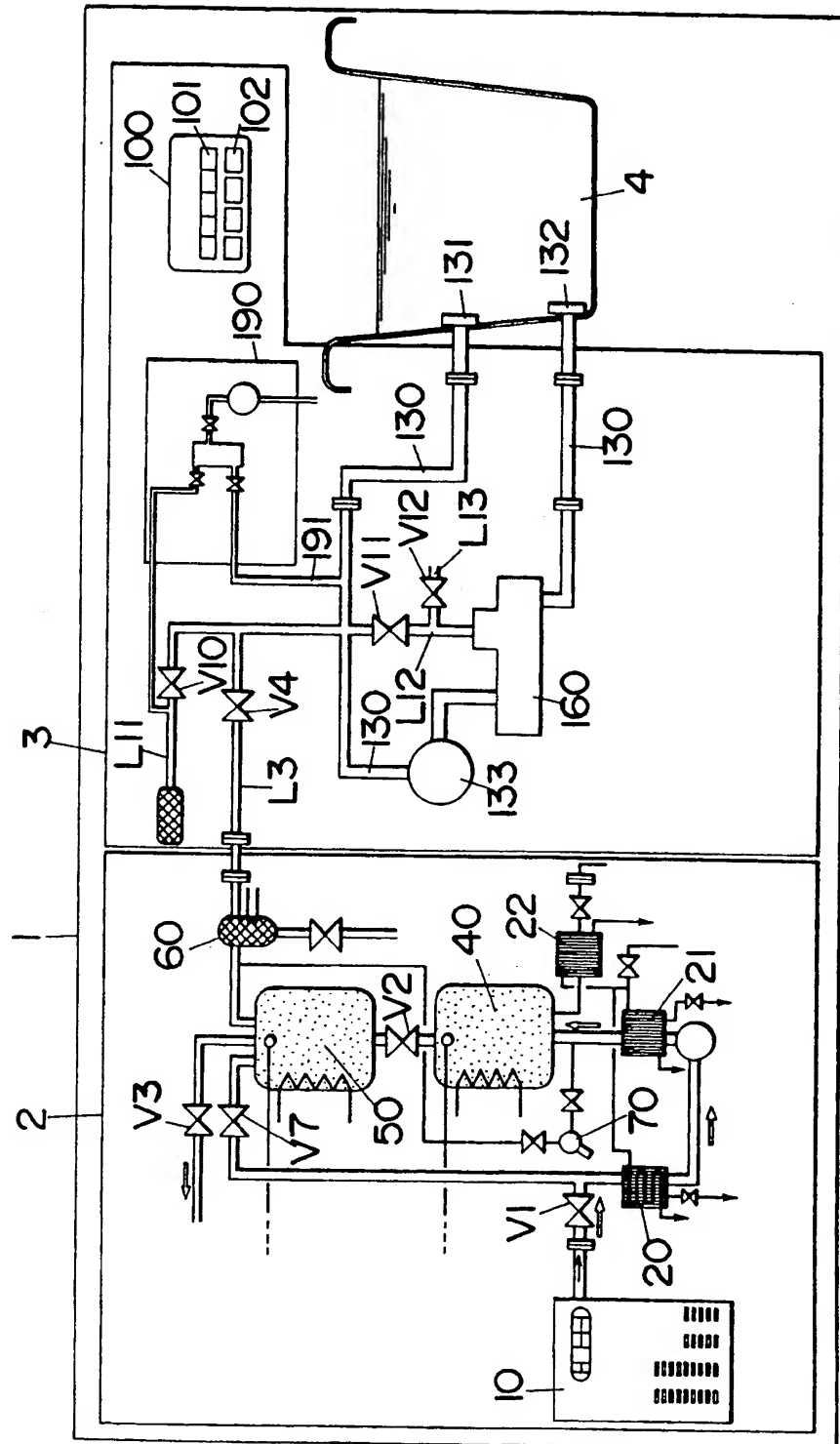
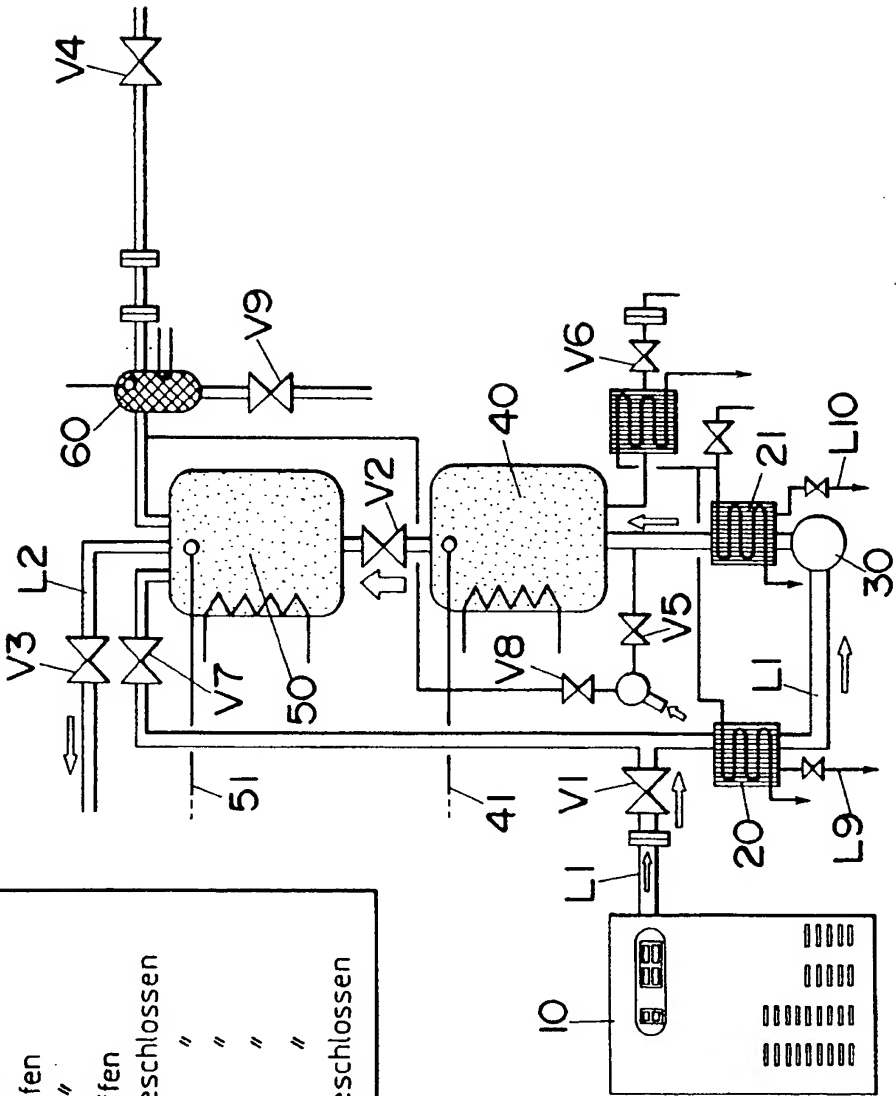


Fig.2

Ventil	Offen / Geschlossen
V1	Offen
V2	"
V3	Offen
V4	Geschlossen
V5	"
V6	"
V7	"
V8	"
V9	Geschlossen





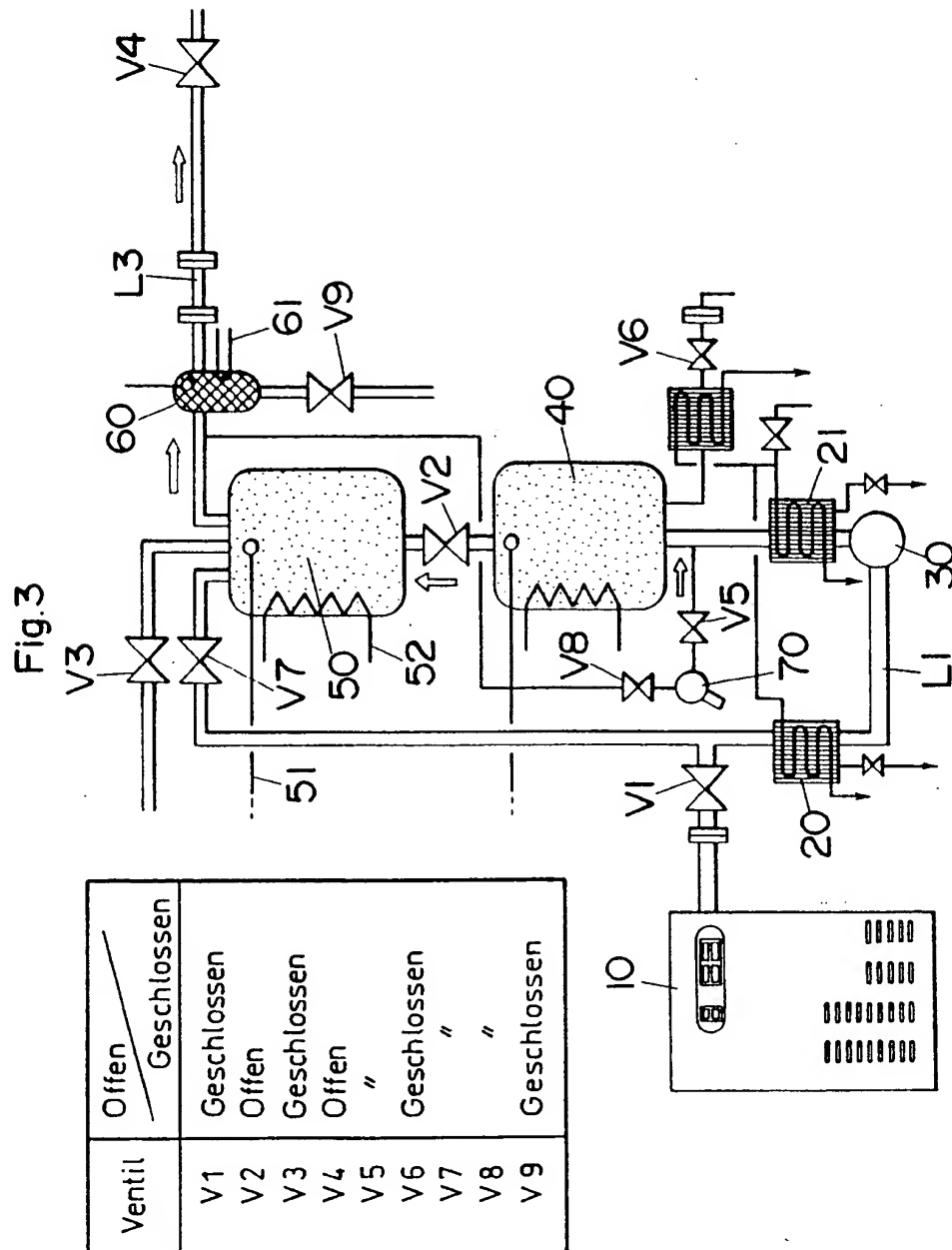


Fig.4

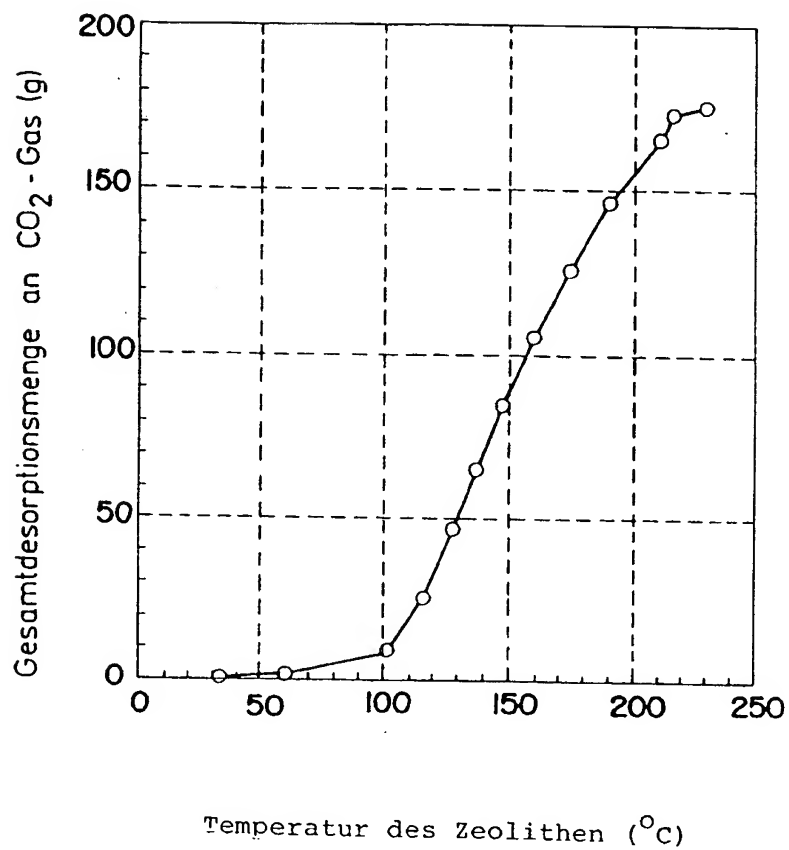
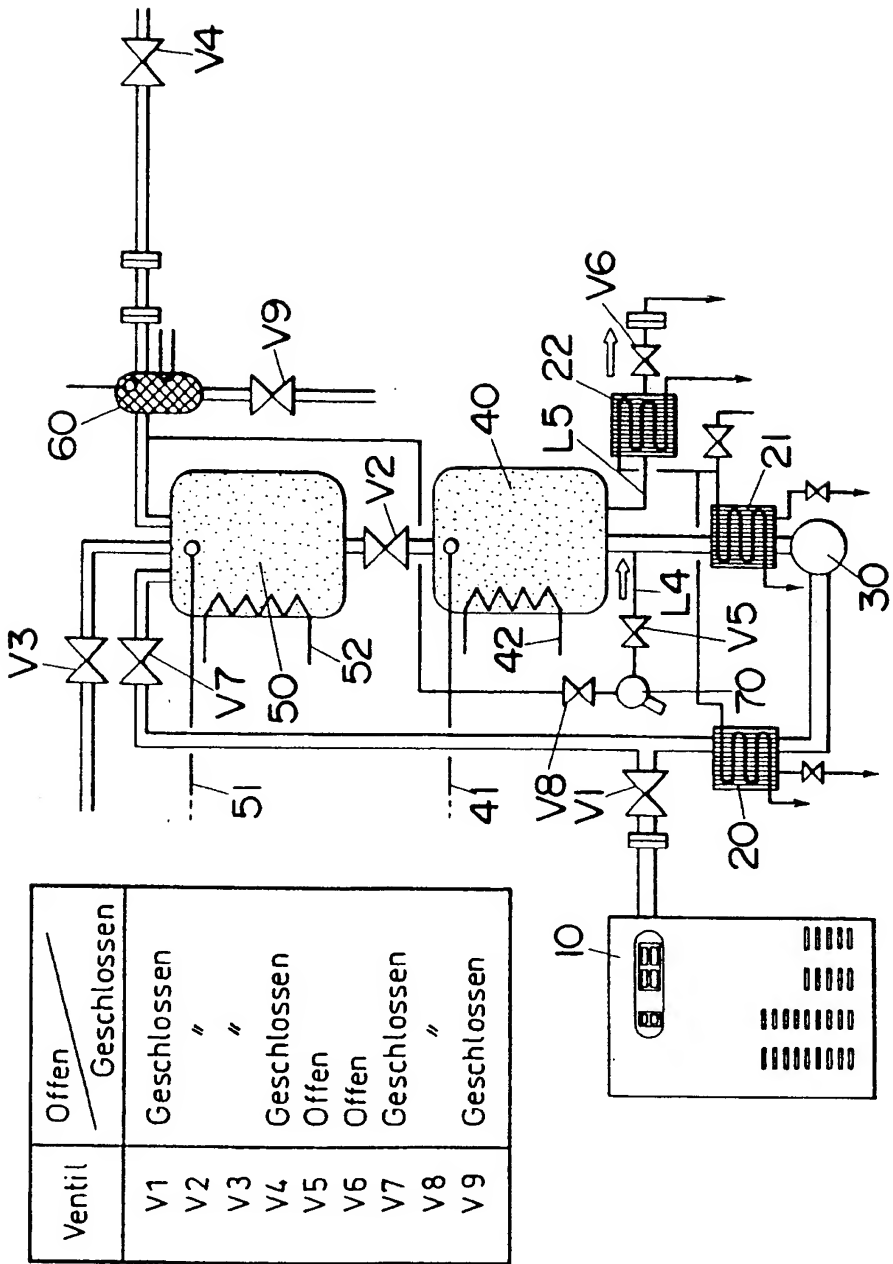
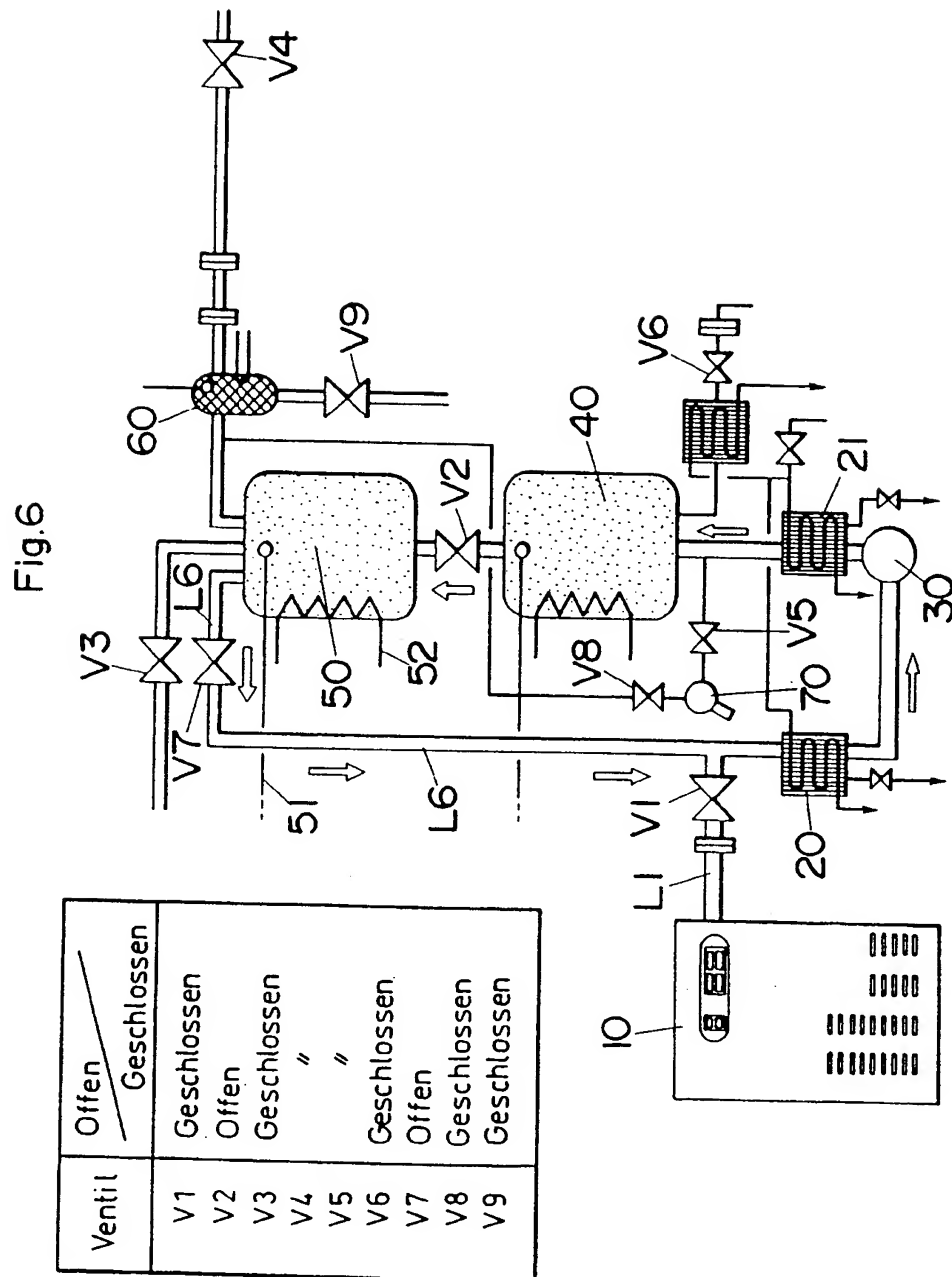


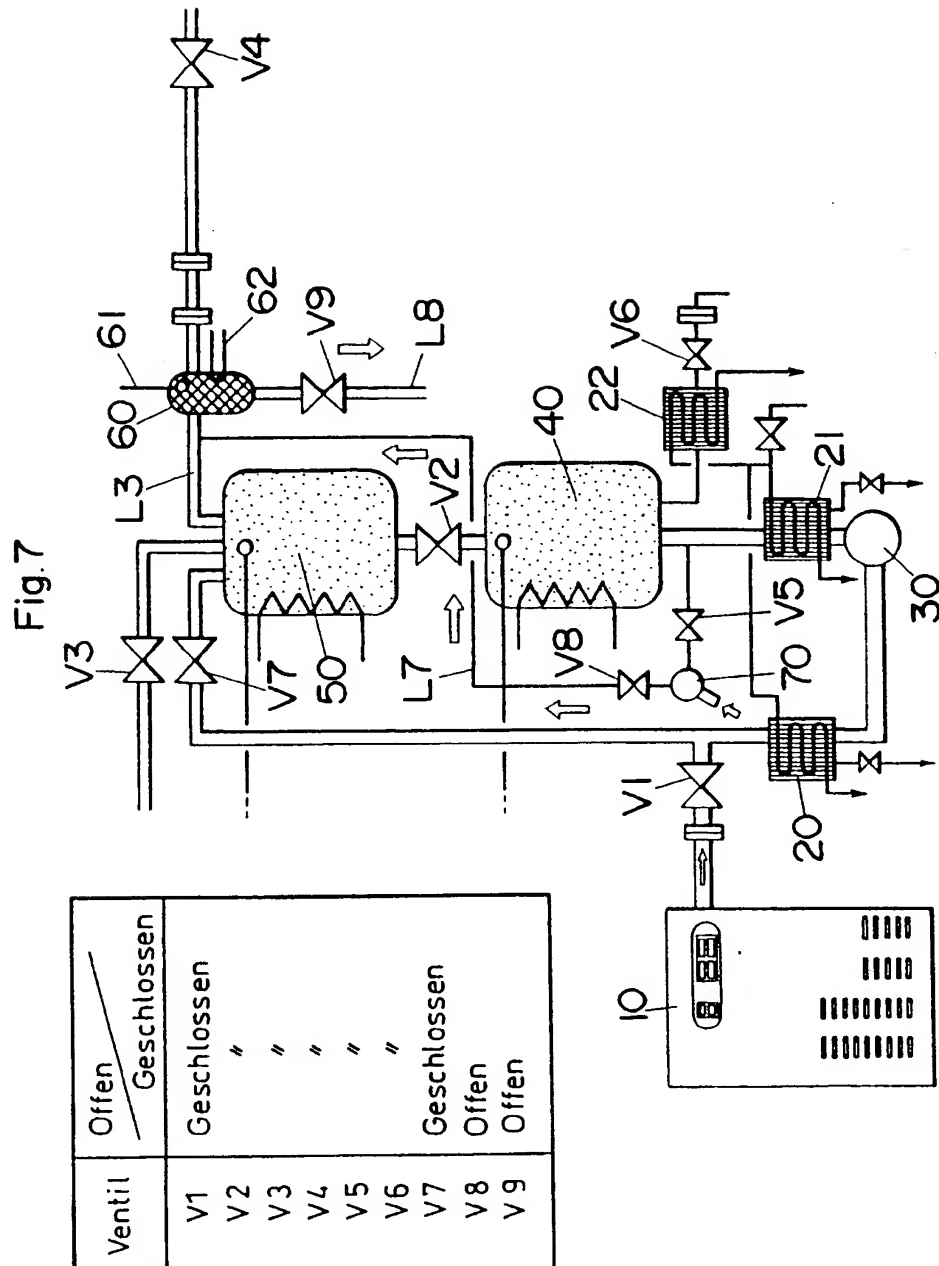
Fig.5



Nummer:  
Int. Cl.<sup>5</sup>:  
Offenlegungstag:

DE 42 32 000 A1  
A 61 H 33/02  
1. April 1993





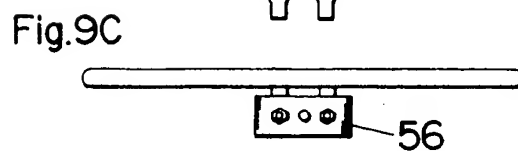
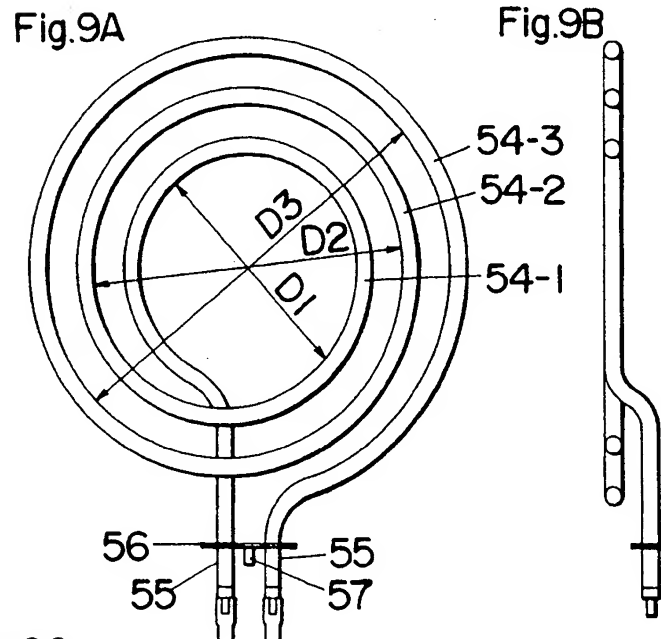
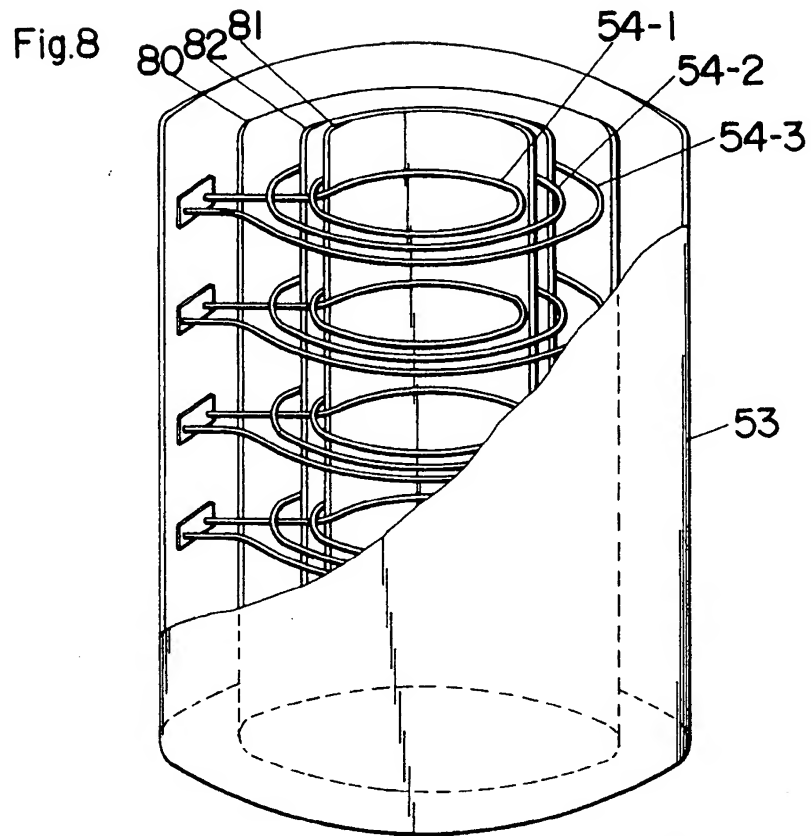


Fig.10

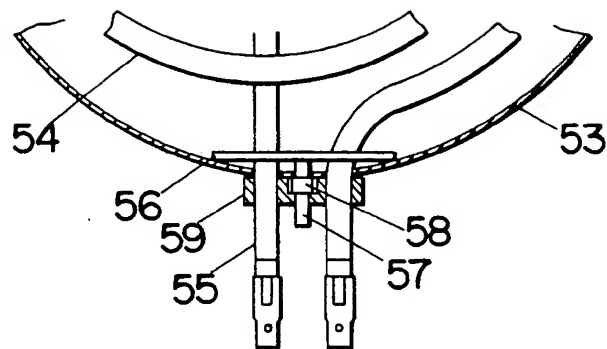
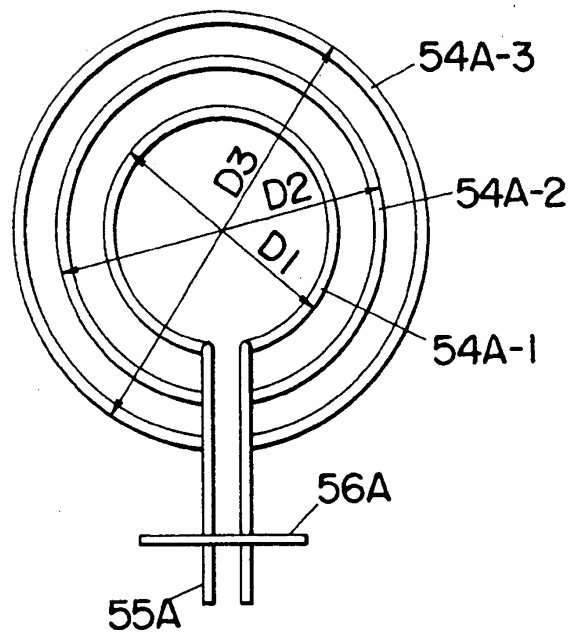


Fig.11





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

### **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

### **IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**